

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 8 月 4 日 (04.08.2005)

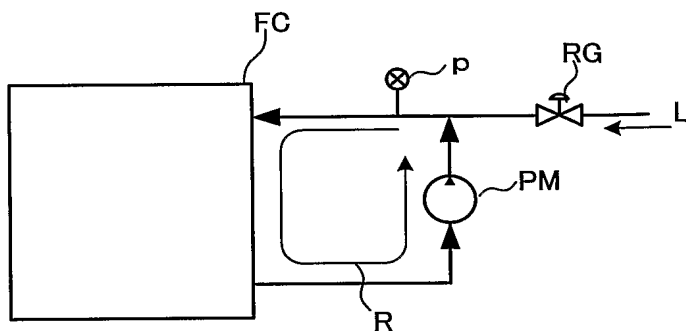
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/071784 A1

- (51) 国際特許分類: H01M 8/04, 8/10 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000816 (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (22) 国際出願日: 2005 年 1 月 18 日 (18.01.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-014853 2004 年 1 月 22 日 (22.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉田 尚弘 (YOSHIDA, Naohiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 稲葉 良幸, 外 (INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI総合法律事務所 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND ITS DRIVING METHOD

(54) 発明の名称: 燃料電池システム及びその駆動方法



tic of the driving means (PM).

(57) Abstract: A fuel cell system having a high generation efficiency and comprising small-sized driving means. The fuel cell system comprises a fuel cell (FC) for generating power by circulating a fuel gas, a circulatory route (R) for circulating the fuel gas, driving means (PM) used for circulating the fuel gas and provided in the circulatory route (R), and pressure regulating means (RG) for regulating the pressure of the fuel gas in the circulatory route (R). According to the generation power that the fuel cell (FC) requires, the driving characteristic of the driving means (PM) is determined, and the value of regulation of the pressure regulated by the pressure regulating means (RG) is determined so as to make up the deficiency of the driven quantity based on the determined driving characteris-

(57) 要約: 発電効率が高く駆動手段を小型化可能な燃料電池システムを提供するために、本発明は、燃料ガスを循環させて発電する燃料電池 (FC) を備える燃料電池システムであって、燃料ガスを循環させる循環経路 (R)、循環経路 (R) に設けられた、燃料ガスを循環させるための駆動手段 (PM)、循環経路 (R) における燃料ガスの圧力を調整する圧力調整手段 (RG) を備える。そして、燃料電池 (FC) に要求される発電電力に基づいて、駆動手段 (PM) の駆動特性を決定し、決定された駆動手段 (PM) の駆動特性に基づく駆動量不足を補うように圧力調整手段 (RG) による圧力調整量を決定するものである。

WO 2005/071784 A1

## 明細書

## 燃料電池システム及びその駆動方法

## 技術分野

本発明は、燃料電池システムに係り、特に高負荷時の駆動に要する消費電力を削減  
5 するための制御方法の改良に関する。

## 背景技術

従来、燃料ガスである水素ガスを燃料電池に循環させて発電する燃料電池システム  
では、燃料電池の発電量、すなわち負荷変動に対して、エアの供給圧を制御し、水素  
ガスについては、水素ガスを強制的に循環させる水素ポンプの回転数を変化させて水  
10 素ガス消費量を増減していた。

例えば、特開 2 0 0 3—6 8 3 3 4 号公報には、コンプレッサで加圧された空気を  
燃料ガス圧力調整弁に導入し、燃料電池の極間差圧を所定以内に納めるように調整す  
る技術が開示されている。燃料ガスは、燃料電池の要求出力に応じて回転数が大きく  
なるよう制御される水素ポンプで供給されていた。同様に、燃料ガスをタービンで供  
15 給するという技術が、特開昭 6 0—1 0 5 6 6 号公報にも開示されている。

## 発明の開示

しかし、上記公知技術には、水素ポンプやタービン等の駆動手段の駆動量と循環経  
路の圧力調整量との間の調整を取ることは考慮されておらず、特に、駆動手段のみで  
燃料供給量を変化させた場合、不都合が生じる可能性があった。

20 すなわち、ポンプのような駆動手段では、燃料電池の負荷が上昇していくに連れ動  
力源の消費動力が上昇していくため、特に高負荷時においてシステムの総合的な発電  
効率が悪くなっていくという傾向にあった。

また、燃料電池の高負荷状態における燃料供給を駆動手段による循環量制御のみに  
依存するものとすれば、駆動手段が高速回転に耐え多量の燃料ガスを循環することを  
25 要求され、そのため駆動手段が大型化せざるを得なかった。

そこで本発明は、発電効率が高く駆動手段を小型化可能な燃料電池システムを提供  
することを目的とする。

上記課題を解決するために、本発明は、燃料ガスを循環させて発電する燃料電池を備える燃料電池システムにおいて、燃料ガスを供給する燃料ガス供給源と、燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路と、循環経路に設けられた、燃料ガスを循環させるための駆動手段と、燃料ガス供給源と循環経路との間に設けられ、循環経路における燃料ガスの圧力を所定圧に調整する圧力調整手段とを備え、圧力調整手段は、燃料電池において要求される要求ガス量の増加に伴って循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させることを特徴とする。

また本発明は、燃料ガスを循環させて発電する燃料電池と、燃料電池に該燃料ガスを供給する燃料ガス供給源と、燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路と、循環経路に設けられ、燃料ガスを循環させるための駆動装置と、燃料ガス供給源と循環経路との間に設けられ、循環経路における燃料ガスの圧力を所定圧に調整する圧力調整装置と、を備え、圧力調整装置は、燃料電池において要求される要求ガス量の増加に伴って、循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させ、かつ、駆動装置における駆動量を抑制する燃料電池システムである。

さらに本発明は、燃料ガスを循環させて発電する燃料電池を備える燃料電池システムの駆動方法であって、燃料電池において要求される要求ガス量を推測するステップと、推測された要求ガス量の増加に伴って、燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させるステップと、を備える燃料電池システムの駆動方法でもある。

上記発明によれば、燃料ガス供給源の圧力を利用して燃料電池の要求ガス量に応じて循環経路の圧力を変化させ、循環経路内のガス密度を調整することで、駆動手段の駆動負荷を適切に調整することができる。特に、要求ガス量の増大時に、循環経路内の圧力を増加させることによって、循環経路内のガス密度を増加させることができ、駆動手段の駆動負荷が過度に高くなることを抑制することができるため、駆動手段を小型化可能である。

ここで「駆動手段」とは、強制的に燃料ガスを循環させる構成物をいい、ポンプやコンプレッサ、タービンのようなものを含む。

また「圧力調整手段」とは循環経路の圧力を変更維持可能な構成物をいい、調整弁（レギュレータ）の他に、水素発生量を調整可能な改質器や水素タンクのようなものも含まれる。少なくとも高圧で燃料ガスを供給する場合に消費動力が大きく増えないような構成物であることが好ましい。

5       ここで、本発明では、少なくとも要求ガス量が基準値より高い領域では要求ガス量の変化に対応させて圧力調整手段の圧力調整量を変化させることは好ましい。当該構成によれば、要求ガス量が高い領域において燃料ガスの圧力変化によって燃料量を調整するため、相対的に駆動手段による駆動量を減らすことができ、高負荷時に特に著しく増える傾向にある駆動手段の消費動力を低減することが可能である。

10       本発明において「基準値」は駆動手段の駆動特性により任意に設定可能であるが、少なくともそれ以上の要求ガス量の増加分を駆動手段の駆動で補おうとすれば消費動力がさらに増えるような値に設定する。

また、本発明では、要求ガス量が基準値より高い領域では駆動手段の駆動量の変化率を基準値より低い領域に比べ低下させることは好ましい。当該構成によれば、要求  
15       ガス量が高い領域において、駆動手段の駆動量の変化率が低下するので、駆動手段による駆動量が減り、高負荷時に特に著しく増える傾向にある駆動手段の消費動力を低減することが可能である。

ここで駆動量の変化率の低下とは、正の変化率が徐々に減って漸近線のように飽和すること、変化率がゼロになること（つまり固定値）、さらに変化率が負になって減  
20       ることをも含む。

ここで、本発明では、要求ガス量が基準値より低い領域では圧力調整手段の圧力調整量が一定の値以下に保たれることは好ましい。要求ガス量が低い領域では燃料ガスの消費量が少ないが、この領域で循環経路における燃料ガスの圧力が高すぎると、燃料ガスの空気極への燃料ガスの漏れ（クロスリーク）が多くなって燃料電池の発電効  
25       率を低下させる。この点、当該構成によれば、燃料ガスの消費量が少ない低発電領域では燃料ガスの圧力が一定の値以下に保たれるので、燃料ガス漏れといった不都合を生じない。

ここで「一定の値」は例えば燃料ガスの消費量が少なくても燃料ガスのガス漏れを生じない程度の値に選ばれる。

また本発明では、駆動手段は、要求ガス量と循環経路内の圧力の測定値とに基づいて制御される。上記構成によれば、要求ガス量が把握でき循環経路内の現在の圧力が測定できれば、本発明の作用効果を奏するように適切に駆動手段の制御量が定められる。

以上本発明によれば、要求ガス量の増大時に、循環経路内の圧力を増加させることによって、循環経路内のガス密度を増加させることができ、駆動手段の駆動負荷が過度に高くなることを抑制することができるため、駆動手段を小型化可能である。また燃料電池システム全体の発電効率を向上させることができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 : 本発明の原理を説明するブロック図

図 2 A : 本発明に係る実施形態 1 の制御方法を説明する要求負荷に対する燃料ガス消費量の関係図

15 図 2 B : 要求負荷に対するポンプ回転数制御特性図

図 2 C : 要求負荷に対する調整弁目標圧力制御特性図

図 3 : 本実施形態 1 に係る燃料電池システムのブロック図

図 4 : 本実施形態 1 に係る燃料電池システムの制御方法を説明するフローチャート

図 5 : 燃料電池発電電力量に対するガス循環量の特性図

20 図 6 : 水素ポンプ入口圧力に対するポンプ回転数関係図

図 7 : 循環量に対する水素ポンプ入口圧力の特性図

図 8 : 水素ポンプ入口圧力に対する圧損推定図

図 9 : 本実施形態 2 に係る燃料電池システムの制御方法を説明するフローチャート

25 図 10 A : 本実施形態 3 の制御方法を説明する図であり、要求負荷に対する燃料ガス消費量の関係図

図 10 B : 要求負荷に対するポンプ回転数制御特性図

図 10 C : 要求負荷に対する調整弁目標圧力制御特性図

図 1 1 A : 本実施形態 4 の制御方法を説明する図であり、要求負荷に対する燃料ガス消費量の関係図

図 1 1 B : 要求負荷に対するポンプ回転数制御特性図

図 1 1 C : 要求負荷に対する調整弁目標圧力制御特性図

5 図 1 2 : 水素ポンプ入口圧力とポンプ回転数と消費動力との関係図

発明を実施するための最良の形態

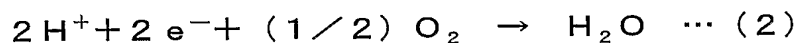
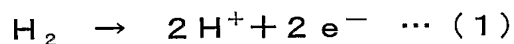
次に本発明を実施するための好適な実施形態を、図面を参照しながら説明する。

(原理説明)

まず図 1 及び図 2 を参照して、本発明の動作原理を説明する。

10 図 1 に示すように、本発明では、燃料電池 F C に対し燃料ガス L を供給する循環経路 R が形成されている。循環経路 R には、燃料ガス L を強制循環させる駆動手段（水素ポンプ） P M が設けられている。循環経路 R の圧力 p は圧力調整手段（調整弁） R G によって調整されている。そして、燃料電池 F C に要求される発電電力（負荷）に基づいて、駆動手段 P M の駆動特性が決定され、決定された駆動手段 P M の駆動特性  
15 に基づく駆動量不足を補うように圧力調整手段 R G による圧力調整量が決定される。

図 2 A に燃料電池の要求負荷に対する燃料ガス消費量の関係図を示す。燃料電池は水の電気分解の逆反応を起こすものであるために、陰極（カソード）である燃料極側には燃料ガスである水素ガスが供給され、陽極（アノード）である空気極側には酸素を含んだガス（空気）が供給され、燃料極側では式（1）のような反応を、空気極側  
20 では式（2）のような反応を生じさせて電子を循環させ電流を流すものである。



すなわち電子の発生量と水素ガスの供給量は対応しており、図 2 A のような対応関係が必要なことが予想されるのである。

25 図 2 B に駆動手段 P M の駆動特性の例を、図 2 C に当該駆動手段 P M の駆動量不足を補うように調整される圧力調整手段 R G の調整量の例を示す。従来の燃料電池システムにおける燃料量制御方法は、例えば、図 2 B 及び C の基準値 P t h 以下の領域に

おける制御であった。つまり、循環経路Rの圧力 $p$ は一定に維持され（図2C）、主として駆動手段PMの駆動量、例えば水素ポンプの回転数の増減により燃料電池FCの負荷変動に対応していた。

これに対し、本発明の駆動方法では、燃料電池FCにおいて要求される要求ガス量を推測し、推測された要求ガス量の増加に伴って、燃料電池FCに供給される燃料ガスを循環させる循環経路Rの燃料ガスの圧力を上昇させるものである。すなわち、発電電力がどのような値であるかによって、ここでは発電電力が基準値 $P_{th}$ から大きいかな否かによって、まず駆動手段PMの駆動特性が決定されるものである。

図12に燃料ガスである水素ガスの循環量が一定とした場合の水素ポンプ入口圧力（すなわち循環経路の圧力対応値）とポンプ回転数（すなわち駆動手段の駆動量）及びその消費動力の関係を示す。図12から解るように、循環経路の圧力が高くなる程、駆動手段である水素ポンプの回転数は少なくて済み、水素ポンプの回転数が少ない程、消費動力も低くなる傾向がある。

そこで本発明では、図2Bに示すように、高負荷領域では駆動手段PMの駆動量が一定（例えば水素ポンプの回転数が一定）となるように定められる。つまり駆動手段が高い駆動状態（例えば水素ポンプの回転数が大）にあると消費動力が大きくなる傾向にあるため、発電電力が高い領域であまり高い駆動状態とならないようにするのである。一方、駆動手段の駆動量が抑えられた場合には、供給すべき燃料ガスの循環量が抑えられるため何かで補わなければならない。そこでさらに本発明では、駆動手段PMによる駆動量の不足を補うように圧力調整手段RGは圧力を調整するものである。つまり図2Cに示すように、一定量で駆動される駆動手段の駆動量不足を補うように、発電電力の増加に対応して圧力調整手段RGによる圧力が上昇するように調整されるようになっている。

具体的には、発電電力が基準値 $P_{th}$ より高い領域（ $P_{th}$ の右側領域）では駆動手段PMの駆動量の変化率を基準値 $P_{th}$ より低い領域（ $P_{th}$ の左側領域）に比べ低下させている（図2B）。また、発電電力が基準値 $P_{th}$ より高い領域（ $P_{th}$ の右側領域）では発電電力の変化に対応させて圧力調整手段RGの圧力調整量を変化さ

せている（図 2 C）。以上の制御方法によれば、発電電力の値によって駆動手段 P M の動作状態を変更可能なので、駆動手段 P M の駆動量や駆動能力を極端に高くしなくても燃料電池 F C の負荷変動に対応可能となり、駆動手段 P M の消費動力を抑え、かつ駆動手段 P M を小型化可能となる。

- 5      ここで、制御状態を切り替える発電電力の基準値  $P_{th}$  は、駆動手段の駆動特性に大きく依存するが、基準値以上の発電電力の増加分を駆動手段 P M の駆動で補おうとすれば消費動力が急増するような値に設定すればよい。

10      なお、発電電力が基準値  $P_{th}$  より低い領域（ $P_{th}$  の左側領域）では、図 2 C に示すように、圧力調整手段 R G の圧力調整量が一定の値  $P_0$  以下に保たれるように制御する。このような制御によって、燃料ガスの空気極への燃料ガスの漏れ（クロスリーク）を防止することができるのである。この値  $P_0$  は燃料ガスの消費量が少ない領域であっても燃料ガスのガス漏れ（クロスリーク）を生じない程度の値とする。

15      ただし、基準値に基づいて圧力調整量を調整しなければならないわけではなく、単純には、燃料電池の負荷量に応じて圧力調整を行うように構成すれば充分である。以下、実施形態 1 で基準値を伴わない場合の実施態様を、実施形態 2 以降で基準値を利用した場合の実施態様を説明する。

#### （実施形態 1）

20      次に、上記原理に基づく具体的な実施形態について説明する。本発明の実施形態は、電気自動車等の移動体に搭載する燃料電池システムに本発明の制御方法を適用したものである。図 3 に本燃料電池システムのシステム全体図を示す。以下の実施形態は本発明の一形態に過ぎず、本発明はこれに限定されずに適用可能である。

図 3 に示すように、当該燃料電池システムは、燃料電池スタック 10 に燃料である水素ガスを供給するための系統と、空気を供給するための系統と、燃料電池スタック 10 を冷却するための系統とを備えて構成されている。

25      燃料電池スタック 10 は、水素ガス、空気、冷却液の流路を有するセパレータと、一対のセパレータで挟み込まれた M E A（Membrane Electrode Assembly）とから構成されるセルとを複数積層したスタック構造を備えている。M E A は高分子電解質膜



を燃料極及び空気極の二つの電極を挟み込んだ構造をしている。燃料極は燃料極用触媒層を多孔質支持層上に設けてあり、空気極は空気極用触媒層を多孔質支持層上に設けてある。

燃料電池スタック 10 に水素ガスを供給するための系統は、水素ガスの供給源から  
5 順に、水素タンク 101、遮断弁（シャットバルブ）SV1、調整弁RG、遮断弁SV2、燃料電池スタック 10 を経て遮断弁SV3、気液分離機 102 及び遮断弁SV4、水素ポンプ 103、遮断弁SV5、及び逆止弁RVを備えている。調整弁（レギュレータ）RGは本発明の圧力調整手段に相当し、水素ポンプ 103 は本発明の駆動手段に相当している。本発明に係る循環経路は、遮断弁SV2、燃料電池スタック 10  
10 0、SV3、気液分離器 102、水素ポンプ 103、及び逆止弁RVを経る経路によって構成されている。調整弁RGに対する圧力調整量制御は、制御部 20 によるコンプレッサ 202 の駆動、遮断弁SV6 及びSV7 に対する操作により達成される。すなわち、遮断弁SV6 を開くことによって調整弁RGへの供給空気圧を上昇させ燃料電池の循環経路への供給圧力を上昇させることが可能になっている。また遮断弁SV  
15 7 を開くことによって調整弁RGへの供給空気圧を下降させ燃料電池の循環経路への供給圧力を下降させることが可能になっている。このように遮断弁SV6 及びSV7 を制御することによって、循環経路の供給圧力を任意に制御することができるようになっている。水素ポンプ 103 に対する駆動量制御は制御部 20 による水素ポンプ 103 の駆動量制御により達成される。

20 水素タンク 101 は、高圧の水素ガスが充填されている。なお、本実施形態における水素供給源は、単に調整弁RGの下流側を所定の圧力に維持できるように燃料ガスである水素ガスを供給できればよいため、種々に変更可能である。すなわち、高圧水素タンクの代わりに、水素吸蔵合金を用いた水素タンク、水素吸蔵機能を備えない高圧水素タンク、改質ガスによる水素供給機構、液体水素タンクから水素を供給するよ  
25 うに構成してもよい。

水素タンク 101 からの水素ガスは、まず遮断弁SV1 により水素ガス供給の有無が選択され、調整弁RGによって定められる圧力で水素ガスが下流に放出される。調

整弁RGの調整量、すなわち圧力調整は、空気極側のコンプレッサ202の運転状態によって定まるようになっている。調整弁RGの制御部に印加される空気の圧力に応じて調整弁RG下流のガス圧が設定される。遮断弁SV2及びSV3は、燃料電池システムの発電停止時や間欠動作時に遮断され、運転時は開放されている。気液分離器102は、通常運転時において燃料電池スタック10の電気化学反応により発生する水分その他の不純物を水素オフガス中から除去し、遮断弁SV4を通じて外部に放出する。水素ポンプ103は、制御部20の制御に基づいて、水素ガスの循環経路において水素ガスを強制循環させる。遮断弁SV5は、パージ時に開放されるが、通常の運転状態及び本発明のガス漏れ判定時には遮断されている。逆止弁RVは水素ガスの逆流を防止する。遮断弁SV5からパージされた水素オフガスは図示しない希釈器を含む排気系で処理される。

燃料電池スタック10に空気を供給するための系統としては、エアクリーナ201、コンプレッサ202、加湿器203等を備えている。エアクリーナ201は、外気を浄化して燃料電池システムに取り入れる。コンプレッサ202は、取り入れられた空気を制御部20の制御に従って圧縮し供給する空気量や空気圧を変更するようになっている。加湿器203は圧縮された空気に対し、空気オフガスと水分の交換を行って適度な湿度を加える。コンプレッサ202により圧縮された空気の一部は燃料系に供給され、遮断弁SV6とSV7との間の区間の空気圧が調整弁RGに印加されるようになっている。燃料電池スタック10から排出された空気オフガスは図示しない希釈器を含む排気系に排出される。

燃料電池スタック10の冷却系は、ラジエタ11、ファン12、及び冷却ポンプ13を備え、冷却液が燃料電池スタック10内部に循環供給されるようになっている。

制御部20はECU (Electric Control Unit) 等の公知のコンピュータシステムであり、図示しないROM等に格納されている本発明を実施させるソフトウェアプログラムを図示しないCPU (中央処理装置) が順次実行することにより、当該システムを本発明の制御装置として動作させることが可能になっている。すなわち、後に説明する手順 (図4) によって、制御部20は、燃料電池スタック10の要求発電電力

を決定し、その要求発電電力に基づいて調整弁RGの圧力調整量を決定し、その圧力調整量の不足分を補うように水素ポンプ103の駆動量を制御するようになっている。

次に本実施形態1における動作を図4のフローチャートを参照しながら説明する。このフローチャートでは本発明の燃料電池システムの駆動方法が実施されるものである。すなわち、当該フローチャートでは、燃料電池スタック10において要求される要求ガス量を推測し、推測された要求ガス量の増加に伴って、燃料電池スタック10に供給される燃料ガスを循環させる循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させるものである。当該フローチャートは通常運転時、適当なインターバルで繰り返し実行されるものである。

10 当該燃料電池システムが通常運転を行う場合、制御部20は、水素タンク101から所定の水素ガスの流量に対応させて遮断弁SV1を開放して水素ガスを供給する。調整弁RGは下流側の循環経路の圧力がダイヤフラムに印加されている空気の圧力によって調整可能になっている。この調整量は遮断弁SV6及びSV7によって制御される空気圧によって決定される。

15 燃料電池スタック10に供給される水素ガスの量は、この調整弁RGの調整によって定まる循環経路の圧力と水素ポンプ103の回転数によって定まる循環量とによって定まる。それぞれの値が以下に説明するような本発明の制御方法によって決定される。

まず、制御部20は、燃料電池システムに要求される負荷量に基づいて燃料電池スタック10に要求される発電電力 $P_r$ を計算する(S1)。燃料電池の負荷を求めるため、制御部20はアクセル位置、シフト位置、ブレーキ位置等を参照し、図示しない動力モータが出力すべきトルクを計算する。また、図示しないインバータやコンバータにおける電力損失や補機によって消費される電力等をモータトルクの負荷量に加算して、制御部20はシステム全体に要求される要求発電電力 $P_r$ を決定する。

25 次いで制御部20は、調整弁RGが調整すべき循環経路における目標圧力 $P_{rg}$ を次のようにして求める。まず図5に示すように、燃料電池の発電電力が定まると、その発電電力で発電させるために必要な水素ガスの循環量が定まる。そこで制御部20

は、燃料電池の要求発電電力 $P_r$ と水素ガスの循環量との関係テーブル（例えば図5）を参照して水素ガスの要求循環量を決定する（S2）。なお、制御部20は図5のような対応関係をデータテーブルとして保持している。図5の関係は比例関係であるため、テーブルデータではなく関係式として保持し、演算により循環量を求めるようにしてもよい。

また図6に示すように、目標循環量が定まれば、水素ポンプの入口圧力に対応して水素ポンプに必要とされる目標回転数が定まる。そこで、制御部20は圧力センサP3の検出信号を参照して水素ポンプ103の入口圧力を測定し（S3）、測定された水素ポンプ103の入口圧力測定値と目標循環量とに基づいて、例えば図6の特性を示すデータテーブルを参照して、制御部20は水素ポンプ103に必要な目標回転数 $N_p$ を求める（S4）。図6に示すような関係テーブルは、循環量に応じて用意されている。

ここで循環量が定まると図7に示すような関係により理論的に水素ポンプの入口圧力の目標値が定まる。しかし、実際の調整弁RGによって調整される水素ポンプ103の出口付近から水素ポンプの入口までの循環経路には、流路抵抗により圧損が発生するため、この圧損を勘案して目標圧力制御をしなければならない。このため、調整弁RGによって調整しなければならない循環経路の圧力は、水素ポンプの入口圧力に圧損を加えた値となる。

そこで、まず圧損を求めるため、図7に示す特性に対応した関係テーブルを参照して、制御部20はステップS2で得られた要求循環量に対応する水素ポンプ103の入口圧力の目標値（理論値）を求める。図8に示すように、水素ポンプの入口圧力と循環量とが定まると、水素ポンプ103の出口から入口までの循環経路で生ずる圧損が定まる。そこで、水素ポンプ103の入口圧力目標値と要求循環量とに基づき図8の特性に対応する関係テーブルを参照して、制御部20は水素ポンプ103の入口圧力目標値に対して当該要求循環量で発生する圧損を求める（S5）。

圧損と水素ポンプの入口圧力を加えた値が、調整弁RGによって調整されるべき目標圧力 $P_{rg}$ となる。そこで制御部20は、水素ポンプ103の入口圧力目標値にこ

の圧損推定値を加算した値を目標圧力 $P_{rg}$ として算出する（S6）。

制御部20は、ステップS4で求められた目標回転数 $N_p$ で駆動されるような駆動信号を水素ポンプ103に出力し、併せて調整弁RGによって調整される循環経路の圧力が目標圧力 $P_{rg}$ となるように遮断弁SV6及びSV7を制御する。

- 5      ここで、負荷が変動し燃料電池スタック10で発電すべき要求発電電力に変化が生じた場合に循環経路の圧力が変わらないとすると、その発電電力の変動分を水素ポンプ103の循環量増減で調整しなければならない。特に水素ポンプの回転数が増大する場合には消費電力が増えて好ましくない。この点、本発明によれば、負荷変動が生じた場合には水素ポンプの回転数ではなく調整弁RGによって調整される目標圧力 $P_{rg}$ を変化させることで対応するため水素ポンプの消費動力が増大することを防止可能である。

- すなわち、前回の処理によって既に調整されている目標圧力 $P_{rg}$ と比べて圧力が増加している場合（S8：YES）、制御部20は調整弁RGによって調整される目標圧力 $P_{rg}$ を増大させ、ステップS6で求められた新たな目標圧力となる方向に、  
15    遮断弁SV6及びSV7を調整する（S9）。

一方、前回の処理によって既に調整されている目標圧力 $P_{rg}$ と比べて圧力が減少している場合（S8：NO、S10：YES）、制御部20は調整弁RGによって調整される目標圧力 $P_{rg}$ を減少させ、ステップS6で求められた新たな目標圧力となる方向に、遮断弁SV6及びSV7を調整する（S11）。

- 20    また前回の処理によって調整されていた目標圧力 $P_{rg}$ に変動が無い場合には（S8：NO、S10：NO）、特に新たな制御信号の更新が不要であるため、制御部20は何もしない。

制御部20は、圧力センサp2が検出する実際の循環経路の圧力を参照しながら、設定した目標圧力 $P_{rg}$ に維持されるように、フィードバック制御を行う。

- 25    以上、本実施形態1によれば、要求発電電力 $P_r$ の変動に伴う要求ガス量（循環量）の変化に伴って循環経路の目標圧力を制御するので、負荷変動を水素ポンプ103の回転数制御で補う必要が無く、消費動力の変動を抑制することができる。

特に循環量が増大する場合には水素ポンプの回転数を増加させることなく負荷変動に対応できるので、消費動力を抑え全体的な発電効率を向上させることができる。また回転数を少なく維持できる為水素ポンプを小型化でき、燃料システム全体をコンパクトに提供できるようになる。

## 5 (実施形態2)

本発明の実施形態2は、上記実施形態1と同様の燃料電池システムにおいて、要求出力が基準値より大きいか否かに応じてシステム制御を変更する実施態様に関する。図9に、本実施形態2における動作を説明するフローチャートを示す。

まず、制御部20は、実施形態1と同様にして、燃料電池システムに要求される負荷量に基づいて燃料電池スタック10に要求される発電電力 $P_r$ を計算する(S21)。

次いで制御部20は、当該要求発電電力 $P_r$ を図2に示すような基準値 $P_{th}$ と比較する(S22)。要求発電電力 $P_r$ が基準値 $P_{th}$ より小さい場合、水素ポンプ103によって負荷変動に対応しても著しい消費電力の増大を生じない。そこで制御部20は、調整弁RGの目標圧力 $P_{rg}$ を要求発電電力 $P_r$ が基準値 $P_{th}$ であるときの適正圧力 $P_f$ に固定し維持する(S23)。

水素ポンプ103の回転数は実施形態1と同様の手順で計算される。まず、循環経路の目標圧力が定まると、その圧力下における、燃料電池の要求発電電力 $P_r$ と水素ポンプ103に必要な循環量との関係(例えば図5)から目標循環量を決定する(S24)。

次いで定められた循環量に対して水素ポンプ103の入口圧力の目標値が図7に示すように一義的に決まるので、このような関係を示すデータテーブルまたは関係式に基づいて、制御部20は水素ポンプ103の入口圧力目標値を決定する(S25)。そして、求められた水素ポンプ103の入口圧力と循環量とに基づいて、例えば図6に示すような特性を示すデータテーブルを参照して、制御部20は水素ポンプ103に必要な目標回転数 $N_p$ を求める(S26)。

以上のような処理によって、循環経路の目標圧力 $P_{rg}$ を一定値 $P_f$ に定めた後、

その時々、要求発電電力 $P_r$ に対応して、水素ポンプ103に要求される回転数 $N_p$ が求められるのである。この目標回転数 $N_p$ と循環経路の目標圧力 $P_f$ でシステムが駆動されるように、制御部20は制御信号を更新する(S40)。このような処理によって、当該燃料電池システムは、図2A~Cにおける基準値 $P_{th}$ の左側の領域で  
5 制御されることになる。

さて、ステップS22において、燃料電池に対する要求発電電力 $P_r$ を基準値 $P_{th}$ と比較した結果、要求発電電力 $P_r$ が基準値 $P_{th}$ 以上であった場合(NO)、水素ポンプ103の回転数をそれ以上上げると著しく消費電力が増大する可能性がある。そこで制御部20は、調整弁RGの目標圧力に代えて、ポンプ回転数 $N_p$ を要求発電  
10 電力 $P_{th}$ における適正回転数 $N_f$ に固定する(S30)。次いで調整弁RGによる目標圧力 $P_{rg}$ を要求発電電力 $P_r$ の変化に応じて推測する。

まず、燃料電池の要求発電電力 $P_r$ と水素ポンプ103に必要な循環量との関係(図5)から、必要な循環量を決定する(S31)。次いで定められたポンプ回転数 $N_f$ と求められた必要循環量から、図6に示すような関係テーブルを参照して水素ポン  
15 プ103の入口圧力を推測する(S32)。水素ポンプ103の入口圧力と必要循環量が定まると、燃料電池スタック10入口から水素ポンプ103入口に至るまでの圧損が例えば図8に示すような関係によって定まるので(S33)、制御部20は、水素ポンプ103の入口圧力にこの圧損推定値を加算した値を目標圧力 $P_{rg}$ として算出する(S34)。

20 以上のような処理によって求められた目標圧力 $P_{rg}$ に循環経路の圧力が維持されるよう、また、決定した回転数で水素ポンプ103が回転するよう、制御部20は制御信号を更新する(S40)。すなわち、制御部20は調整圧力を推測された目標圧力 $P_{rg}$ となるように、制御弁SV7とSV6とを制御することで、調整弁RGの調整量が目標圧力 $P_{rg}$ となるように空気圧を変更させる。圧力センサp2の検出値等  
25 を参照し目標圧力に達したら、制御部20は遮断弁SV6を遮断する。この動作により、循環経路の圧力が目標圧力 $P_{rg}$ となる。また制御部20は、水素ポンプ103の回転数が一定値回転数 $N_f$ になるような駆動信号を水素ポンプ103に出力する。

以上のような処理によって、当該燃料電池システムは、図 2 A ~ C における基準値  $P_{th}$  の右側の領域で制御されることになる。

以上、本実施形態 2 によれば、要求発電電力  $P_r$  が基準値  $P_{th}$  以上の領域では水素ポンプ 103 の回転数を上げずに固定し循環経路の圧力を負荷変動に対応させて変化させるようにするので、ポンプ回転数増大に伴う著しい消費動力の増大を生ずることなく燃料電池システムを運転可能であり、全体的な発電効率を向上させることができる。また回転数を少なく維持できる為水素ポンプを小型化でき、燃料システム全体をコンパクトに提供できるようになる。

また、要求発電電力  $P_r$  が基準値  $P_{th}$  より小さい領域では循環経路の圧力を固定し水素ポンプ 103 の回転数のみで負荷変動に対応するので、制御が容易に行える。すなわち、要求発電電力や循環量が低下した場合にはそれに応じて回転数を低下させるように制御されるので、システムの負荷状態に併せて消費動力を合理的に低下させていくことが可能であり、システム全体の発電効率をさらに向上させることができる。

### (実施形態 3)

本発明の実施形態 3 は、前記実施形態 2 と同様の燃料電池システム制御方法における、制御部による調整弁 RG の目標圧力  $P_{rg}$  と水素ポンプの回転数  $N_p$  の制御方法の変形例に関する。

本実施形態 3 では、燃料電池に要求される要求発電電力  $P_r$  と燃料ガスの消費量が、図 10 A のように対応している場合に、水素ポンプ 103 の回転数を図 10 B のような特性で、調整弁 RG の目標圧力を図 10 C) のような特性で変化させるものである。特に、要求発電電力  $P_r$  が基準値  $P_{th}$  以上である場合、上記実施形態 1 では水素ポンプの回転数を固定値  $N_f$  にしたが、当該実施形態 2 では、固定値  $N_f$  とせず、代わりに単調上昇させたり ( $f_{p1}$ ) 単調減少させたり ( $f_{p1}$ ) している点に特徴がある。

つまり水素ポンプの回転数が大きくなると消費動力が激増するが、基準値  $P_{th}$  における水素ポンプの回転数がそのような傾向になるまでまだ余裕が有る場合、即時に



回転数を固定値としなくてもよい。その場合には緩やかに回転数を上昇させてよい（ $f_{p1}$ ）。このとき、図9に示すようなフローチャートによって調整弁RGの目標圧力 $P_{rg}$ は緩やかになった水素ポンプの回転数上昇率に対応する循環量不足分を補うように、圧力を要求発電電力 $P_r$ に応じて変化させる（図10C、 $f_{v1}$ ）。この  
5 変化曲線の傾きは、上記実施形態2よりも緩やかなものとなる。

一方、基準値 $P_{th}$ における水素ポンプの回転数をピークに要求発電電力 $P_r$ の増大に応じて回転数を減少させるように制御してもよい（ $f_{p2}$ ）。このとき、調整弁RGの目標圧力 $P_{rg}$ は減少傾向にある水素ポンプの回転数減少に対応する循環量不足分を補うように、圧力を要求発電電力 $P_r$ に応じて変化させる（図10C、 $f_{v2}$ ）。この変化曲線の傾きは、当然ながら水素ポンプの回転数を上昇させていたときの圧力特性 $f_{v1}$ や上記実施形態2よりも急勾配なものとなる。

本実施形態3に示すように、水素ポンプの回転数と調整弁の目標圧力の一方を固定とせずに双方を変化させることによって本発明の作用効果を奏することができる。

#### （実施形態4）

15 本発明の実施形態4は、前記実施形態2と同様の燃料電池システム制御方法における調整弁RGの目標圧力 $P_{rg}$ と水素ポンプの回転数 $N_p$ の制御方法の他の変形例に関する。

本実施形態4では、燃料電池に要求される要求発電電力 $P_r$ と燃料ガスの消費量が、図11Aのように対応している場合に、水素ポンプ103の回転数を図11Bのような特性で、調整弁RGの目標圧力を図11Cのような特性で変化させるものである。  
20 特に、要求発電電力 $P_r$ が基準値 $P_{th}$ を基準として、ポンプ回転数や目標圧力の変化を不連続的に変化させるのではなく、漸近線のように不連続点を持たせず緩やかに変化させる点に特徴がある。

つまり要求発電電力 $P_r$ の基準値 $P_{th}$ に達した場合、制御部20は、図11B、  
25  $f_{p3}$ に示すように、水素ポンプの回転数を固定値まで緩やかに収束させていく。このとき、循環経路の目標圧力 $P_{rg}$ は、図9に示すようなフローチャートによって緩やかに収束していく水素ポンプの回転数の変化による循環量不足分を補うように変化

する（図 11 C、f v 3）。

このように本実施形態 4 によれば、水素ポンプの回転数と調整弁の目標圧力の一方を不連続的に固定値とせず緩やかに変化させて収束させていくこともでき、このような方法によっても本発明の作用効果を奏することができる。

## 請求の範囲

1. 燃料ガスを循環させて発電する燃料電池を備える燃料電池システムにおいて、  
該燃料ガスを供給する燃料ガス供給源と、  
5 該燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路と、  
該循環経路に設けられ、該燃料ガスを循環させるための駆動手段と、  
該燃料ガス供給源と該循環経路との間に設けられ、該循環経路における燃料ガスの  
圧力を所定圧に調整する圧力調整手段と、を備え、  
該圧力調整手段は、該燃料電池において要求される要求ガス量の増加に伴って該循  
10 環経路の燃料ガスの圧力を上昇させることを特徴とする燃料電池システム。
2. 燃料ガスを循環させて発電する燃料電池と、  
該燃料電池に該燃料ガスを供給する燃料ガス供給源と、  
該燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路と、  
15 該循環経路に設けられ、該燃料ガスを循環させるための駆動装置と、  
該燃料ガス供給源と該循環経路との間に設けられ、該循環経路における燃料ガスの  
圧力を所定圧に調整する圧力調整装置と、を備え、  
該圧力調整装置は、該燃料電池において要求される要求ガス量の増加に伴って、該  
循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させ、かつ、該駆動装置における駆動量を抑制する  
20 燃料電池システム。
3. 少なくとも要求ガス量が基準値より高い領域では前記要求ガス量の変化に対応  
させて前記圧力調整手段の圧力調整量を変化させる、請求項 1 または 2 に記載の燃料  
電池システム。
- 25 4. 前記要求ガス量が基準値より高い領域では前記駆動手段の駆動量の変化率を前  
記基準値より低い領域に比べ低下させる、請求項 1 または 2 に記載の燃料電池システ

ム。

5. 前記要求ガス量が基準値より低い領域では前記圧力調整手段の圧力調整量が一定の値以下に保たれる、請求項 1 または 2 に記載の燃料電池システム。

5

6. 前記駆動手段は、前記要求ガス量と前記循環経路内の圧力の測定値とに基づいて制御される、請求項 1 または 2 に記載の燃料電池システム。

7. 燃料ガスを循環させて発電する燃料電池を備える燃料電池システムの駆動方法

10 であって、

該燃料電池において要求される要求ガス量を推測するステップと、

推測された該要求ガス量の増加に伴って、該燃料電池に供給される燃料ガスを循環させる循環経路の燃料ガスの圧力を上昇させるステップと、を備える燃料電池システムの駆動方法。

図 1

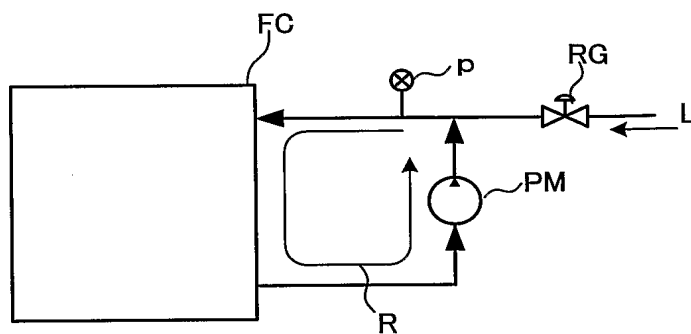


図2A

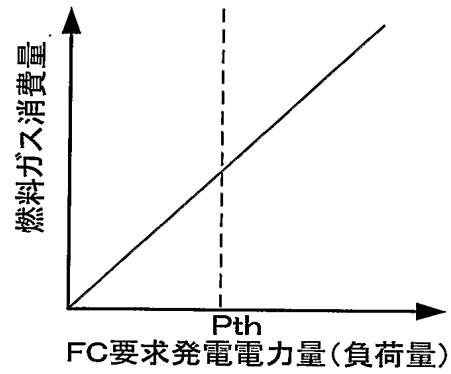


図2B

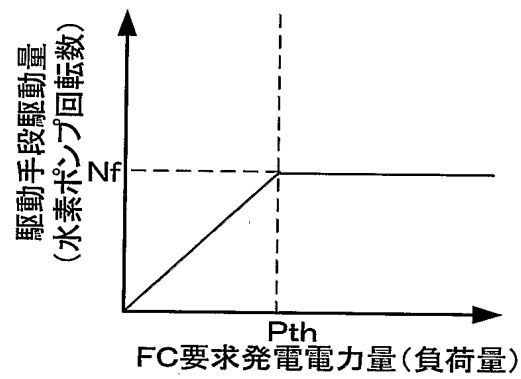


図2C

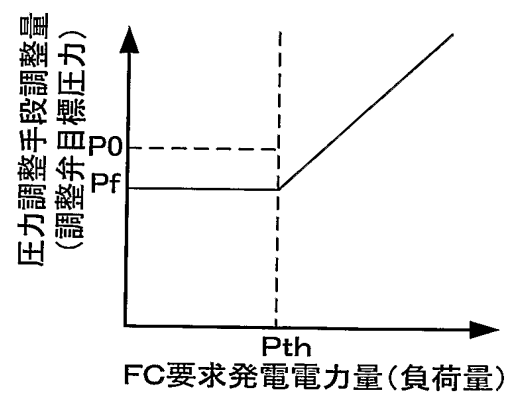


図3

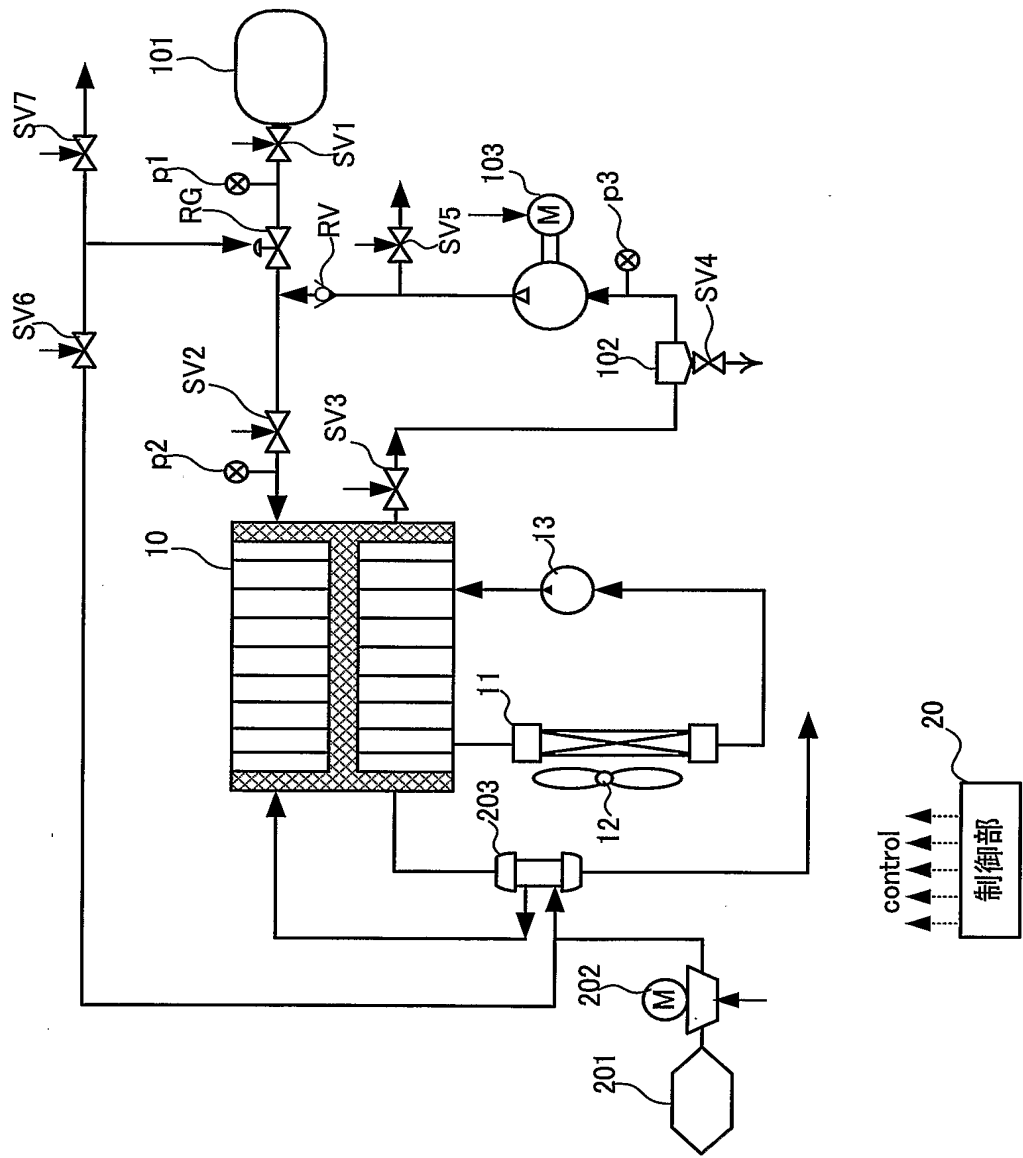


図4

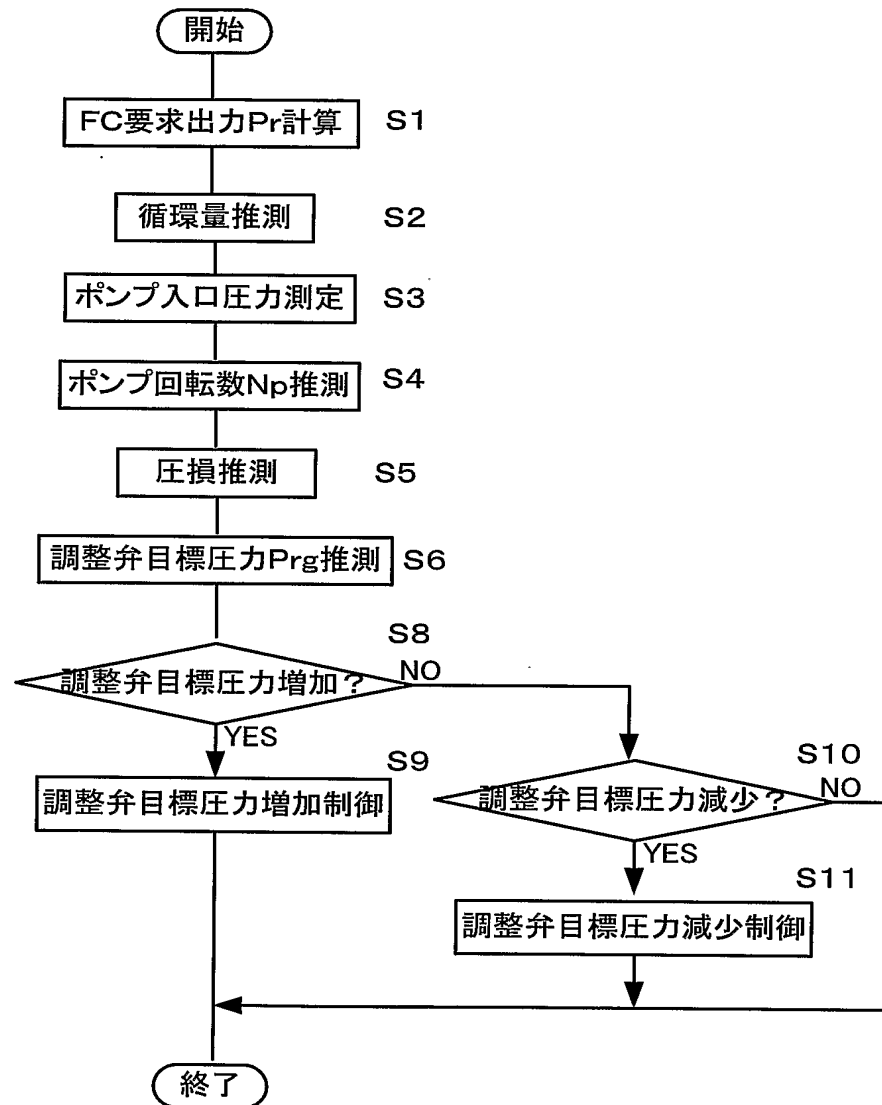




図5

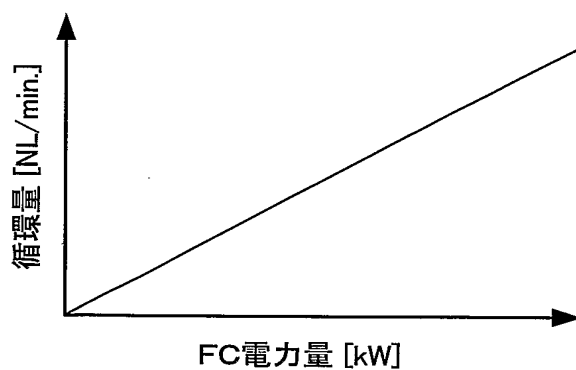


図6

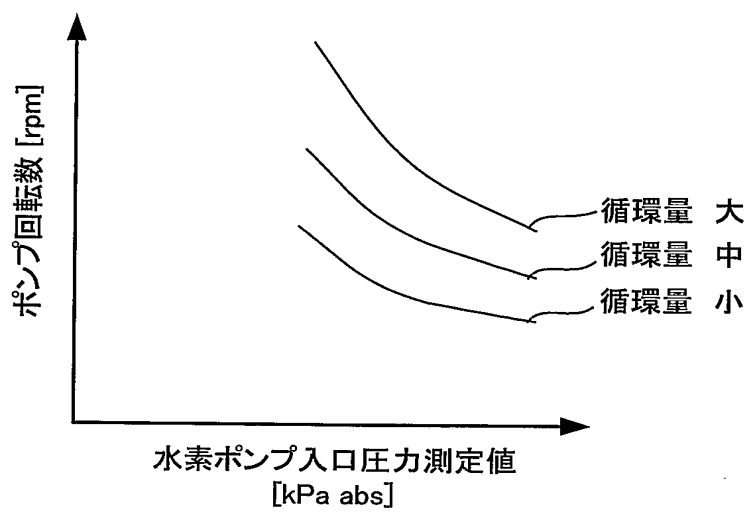


図7

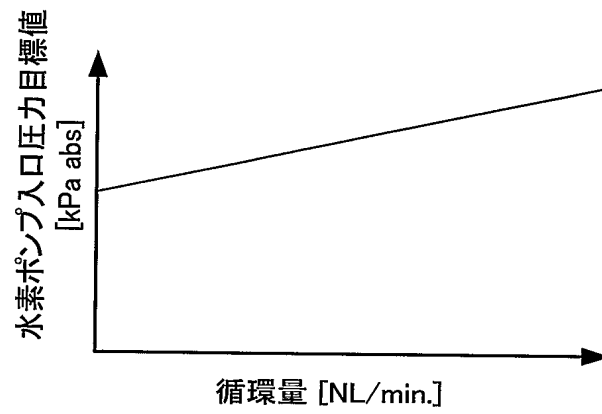


図8

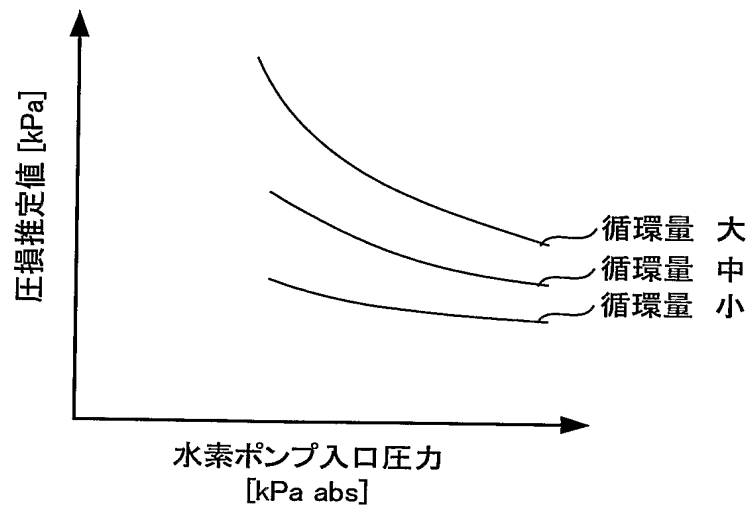
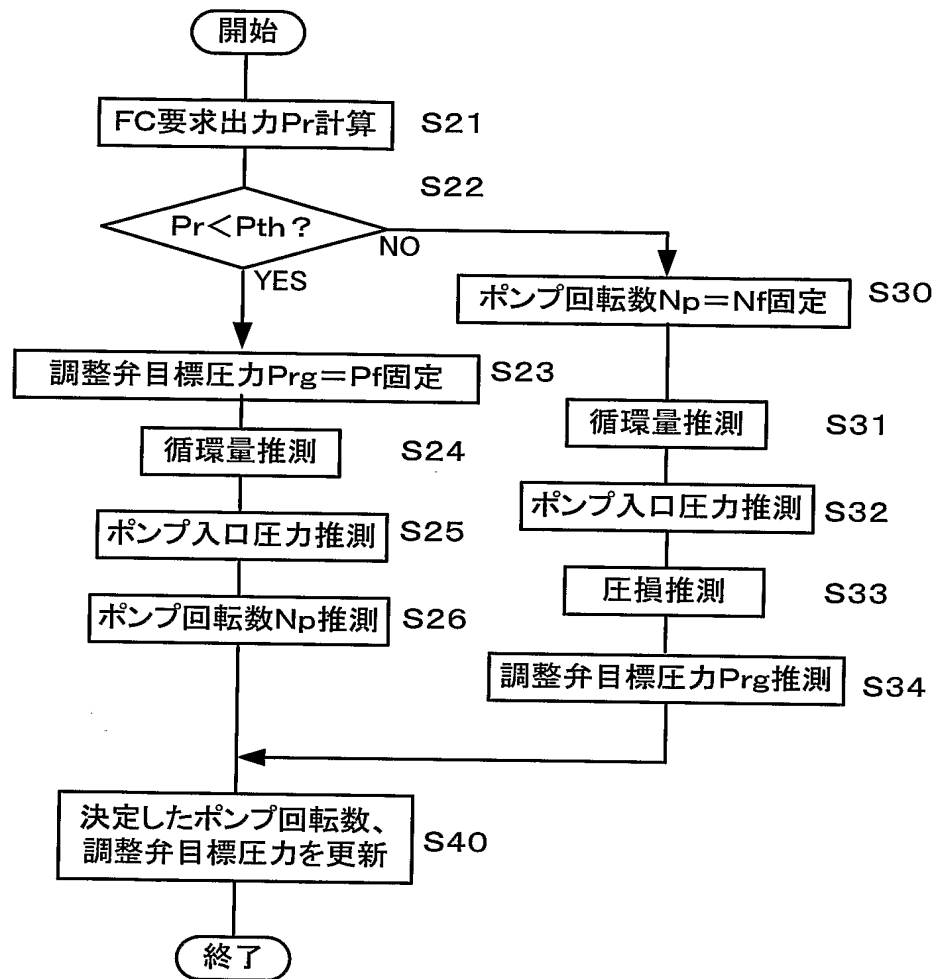


図9



8/10

図10A

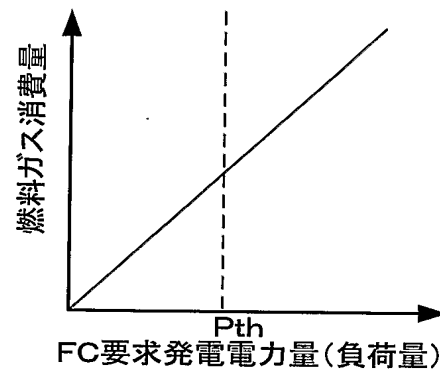


図10B

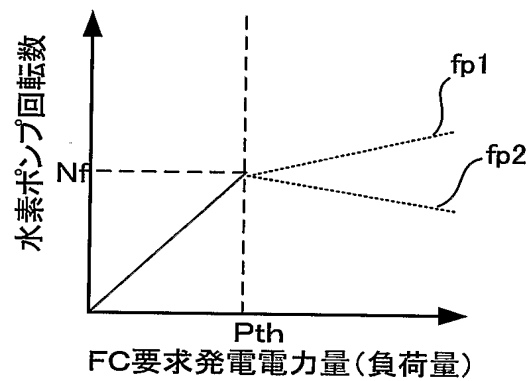


図10C

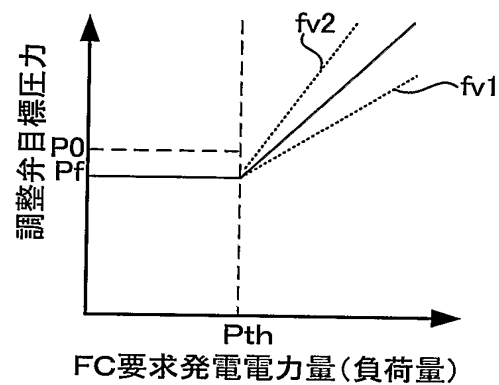


図11A

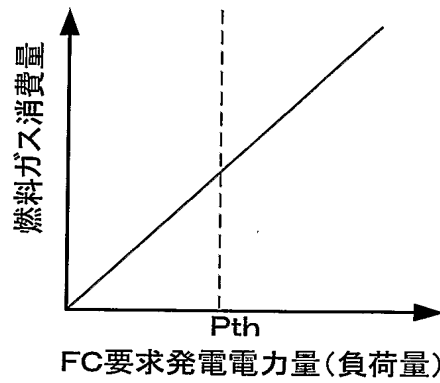


図11B

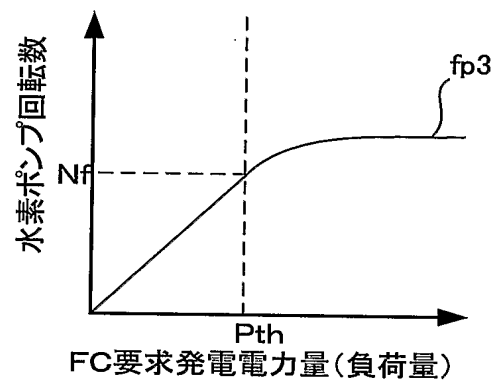


図11C

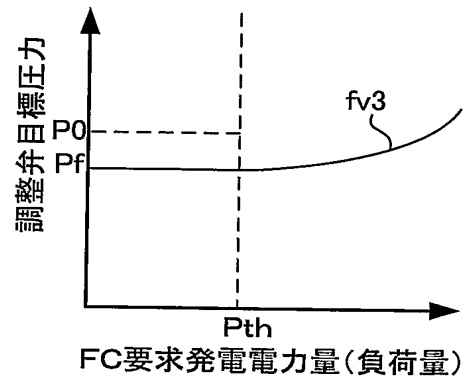
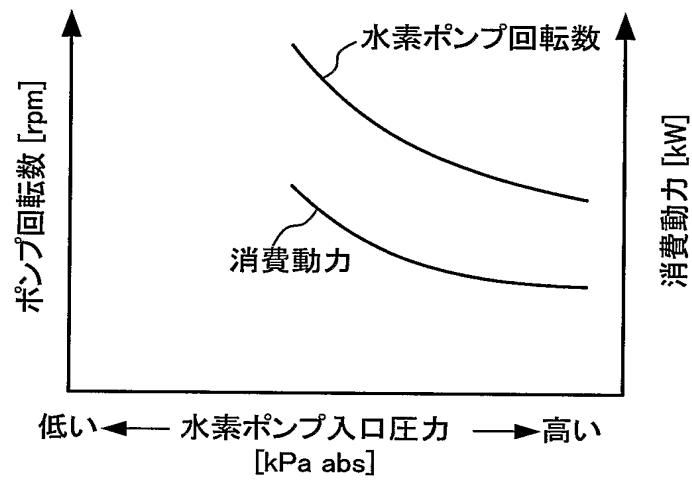


図12



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000816

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01M8/04, H01M8/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01M8/00, 8/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2003-157874 A (Honda Motor Co., Ltd.), 30 May, 2003 (30.05.03), Par. Nos. [0041] to [0047]; Fig. 3 & DE 10253944 A1 & US 2003/0096145 A1	1, 2 3-7
P, X	JP 2004-95528 A (Denso Corp.), 25 March, 2004 (25.03.04), Par. Nos. [0036] to [0043]; Fig. 1 & DE 10331261 A1	1-3, 6, 7
X	JP 10-511497 A (Ballard Power Systems Inc.), 04 November, 1998 (04.11.98), Page 12, lines 18 to 24; page 16, line 16 to page 17, line 25; Fig. 1 & US 5441821 A & WO 96/20508 A1	1, 2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 April, 2005 (19.04.05)

Date of mailing of the international search report  
17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01M8/04, H01M8/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01M8/00, 8/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2003-157874 A (本田技研工業株式会社) 2003. 05. 30, 段落 0041-0047, 図 3 & DE 10253944 A1 & US 2003/0096145 A1	1, 2 3-7
PX	JP 2004-95528 A (株式会社デンソー) 2004. 03. 25, 段落 0036-0043, 図 1 & DE 10331261 A1	1-3, 6, 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 04. 2005

国際調査報告の発送日

17.05.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

守安 太郎

4X

9347

電話番号 03-3581-1101 内線 3477



C (続き) . . . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 10-511497 A (バラード パワー システムズ インコーポレイティド) 1998. 11. 04, 第 12 頁第 18-24 行, 第 16 頁第 16 行-第 17 頁第 25 行, 図 1 & US 5441821 A & WO 96/20508 A1	1, 2